

TERMOGRAFSKA ISTRAŽIVANJA U ELEKTROENERGETSKIM POSTROJENJIMA ELEKTROPRIVREDE SRBIJE

Miomir Senčanić, Ljubiša Čičkarić, Ninoslav Simić
Elektrotehnički institut "Nikola Tesla", Beograd

Sadržaj: U radu su prikazani rezultati termografskih istraživanja na opremi u elektroenergetskim postrojenjima Elektroprivrede Srbije naponskih nivoa od 35 kV do 400 kV za vremenski period od 1996. do 2005. godine. Prezentirana su zapažanja koja su proizašla na osnovu dugogodišnjih istraživanja hronološki, a koja su značajna ne samo za korisnike opreme već i za proizvođače opreme.

Cljučne reči: termografija /toplo mesto/pregrevanje/termogram

1 UVOD

Za funkcionisanje elektroenergetskih sistema jedan od osnovnih preduslova je pouzdanost rada elemenata postrojenja. Pouzdanost se između ostalog obezbeđuje i sistematskim preventivnim metodama ispitivanja među koje spadaju i termografske kontrole. Stalne termografske kontrole u elektroenergetskim postrojenjima Elektroprivrede Srbije (EPS) su uvedene još 1971 godine u cilju blagovremenog otkrivanja neispravnih mesta na elementima postrojenja, koja se manifestuju kroz povećano zagrevanje.

U objektima EPS-a, kontrolama su obuhvaćeni svi spojni elementi (zatezne, viseće i noseće stezaljke), priključne aparatne stezaljke (priključci svih aparata: rastavljača, prekidača, mernih i energetskih transformatora, kablovskih glava i sl.), nastavci i dilatacioni spojevi, zatim kontaktna i spojna mesta u unutrašnjosti prekidača, mernih transformatora i donjih priključaka provodnih izolatora kod transformatora snage. Prema utvrđenim kriterijumima vezanim za visinu pregrevanja (usvojenim prema stranim preporukama i iskustvima), neispravnosti se razvrstavaju u kategorije, na osnovu kojih se određuju rokovi remontnim ekipama za vršenje revizija ili zamena elemenata. Usvojene su tri kategorije pregrevanja na osnovu kojih se utvrđuje termičko stanje, a samim tim i ugroženost aparata sa stanovišta prekomernog zagrevanja. Pregrevanje je razlika temperature između toplog (neispravnog) i referentnog mesta, a neispravnost koja je iskazana povećanim zagrevanjem, naziva se "toplim mestom". Toplo mesto se definiše: lokacijom, pregrevanjem, karakteristikom aparata i strujnim opterećenjem u vreme ispitivanja - kontrole. Naravno, sem ovih usvojenih kriterijumima u toku kontrola vodi se računa i o graničnim vrednostima zagrevanja u skladu sa propisom IEC 60943/98.

Napred spomenuti kriterijumi odnose se na tzv. vidljive spojeve (vidljive i za ljudsko oko). Kod unutrašnjih spojeva (npr. kontaktni sistem prekidača, spojevi na donjim priključcima provodnih izolatora u transformatorima snage, spojevi u unutrašnjosti mernih transformatora i prigušnih uređaja, kablovskih glava i sl.) kriterijumi za procenu neispravnosti se donose na drugim osnovama. To je i razumljivo jer je za korektnu dijagnostiku unutrašnjih neispravnosti neophodno poznavati niz faktora, počev od konstrukcije aparata, mogućih puteva iznošenja toplote na površinu itd.

Termografska istraživanja imaju za cilj da se sagleda stanje opreme sa stanovišta termičkih naprezanja kojima je izložena oprema u toku rada.

U radu je dat pregled rezultata termografskih istraživanja za period 1996-2005 godine u objektima EPS-a.

2 REZULTATI TERMOGRAFSKIH ISTRAŽIVANJA

Sistematske termografske kontrole u našem elektroenergetskom sistemu (EES) su uvedene u stalnu praksu još pre 36 godina i to na osnovu utvrđenih procedura, periodike kontrola i kategorizacije o toplim mestima u skladu sa stranim iskustvima i preporukama.

Podaci su dati u Tabeli 1 i Tabeli 2, a odnose se na trafostanice (TS) i razvodna postrojenja (RP), odnosno na elemente u hidroelektranama (HE) i termoelektranama (TE), prema broju neispravnosti po naponskom nivou i prosečnim brojem toplih mesta po objektu za svaku godinu, respektivno [3].

Tabela 1. Pregled broja ispitanih objekata TS-a i RP-a sa registrovanim "toplrim mestima"

Godina ispitivanja	Broj ispitanih objekata	Broj toplih mesta po naponskom nivou				Prosečan broj "toplrim mesta" po objektu
		400	220	110	35	
1996	74	121	160	318	114	9,6
1997	76	131	209	561	127	13,7
1998	66	102	183	574	119	14,8
1999	46	24	210	490	91	17,7
2000	41	42	83	263	71	11,2
2001	67	68	139	399	95	10,6
2002	77	60	167	474	220	12,0
2003	79	61	125	410	141	9,3
2004	79	82	144	559	199	12,5
2005	81	131	176	487	138	11,5

Iz Tabele 1 i 2 zapažamo da se prosečan broj "toplrim mesta" kreće u uskim granicama i da ima blagu tendenciju opadanja svake naredne godine, što svakako znači da su niže vrednosti posledica pažljivo izvršenih revizija i ugradnje kvalitetnije opreme. Poredeći ove dobijene vrednosti sa podacima iz perioda od 1971. do 1975 godine, kada je termografska kontrola bila uvedena, zapaža se smanjenje graničnih vrednosti prosečnog broja "toplrim mesta" i do dva puta. Interesantna je dalja raspodela neispravnosti prema ispitanim poljima i naponskom nivou [3].

Tabela 2. Pregled broja ispitanih objekata HE i TE sa registrovanim "toplim mestima"

Godina ispitivanja	Broj ispitanih objekata	Broj toplih mesta po naponskom nivou			Prosečan broj "toplih mesta" po objektu
		400	220	110	
1996	5	0	2	22	4,8
1997	7	0	0	63	9,7
1998	7	6	4	31	5,8
1999	6	3	0	73	12,6
2000	6	1	0	10	1,8
2001	11	3	1	23	2,4
2002	13	4	15	40	4,5
2003	9	9	8	36	5,8
2004	13	4	4	70	6,0
2005	8	4	3	4	1,4

Tabela 3. Pregled "toplih mesta" prema naponskim nivoima i ispitanim poljima u objektima TS-a i RP-a

God.	Broj ispitanih polja po naponskom nivou				Prosečan broj "toplih mesta" po polju				Zbirni prikaz prosečnog broja "toplih mesta" po polju
	400	220	110	35	400	220	110	35	
1996	36	102	430	418	3.36	1.57	0.74	0.27	0.67
1997	29	80	408	414	2.31	1,3	0.8	0,3	0.64
1998	34	104	416	384	3.00	1,76	1.38	0,31	1.03
1999	29	86	294	224	0,86	2.44	1,66	0,41	1.21
2000	20	65	262	203	2,10	1.28	1.00	0.35	0.83
2001	38	90	411	375	1.79	1.54	0.97	0.25	0.73
2002	40	107	456	454	1.50	1.94	0.97	0.46	0.85
2003	41	104	482	400	1.49	1.20	0.89	0.36	0.70
2004	40	107	456	454	1.50	1.94	0.97	0.46	0.85
2005	41	104	482	400	1.49	1.20	0.89	0.36	0.70

Tabela 4. Pregled "toplih mesta" prema naponskim nivoima i ispitanim poljima u objektima HE i TE

God.	Broj ispitanih polja po naponskom nivou			Prosečan broj "toplih mesta" po polju			Zbirni prikaz prosečnog broja "toplih mesta" po polju
	400	220	110	400	220	110	
1996	4	14	22	0.0	0.15	1.0	0.58
1997	4	3	40	0.0	0.0	1.6	0.55
1998	11	14	25	0,55	0.28	1.24	0.69
1999	13	0	36	0.23	0.0	2.08	1.13
2000	6	3	26	0.17	0.0	0.38	0.27
2001	8	10	48	0.38	0.3	0.48	0.34
2002	9	16	46	0.44	0.94	0.87	0.75
2003	8	14	35	1.26	0.57	1.03	0.95
2004	5	17	60	0.80	0.24	1.17	0.74
2005	8	14	14	0.50	0.21	0.29	0.33

U Tabeli 3, a odnosi se i na Tabelu 4, na prvi pogled je iznenađujuće da se podatak o prosečnom broju "toplog mesta" povećava sa naponskim nivoom. Npr. prosečan broj "toplih mesta" na 400 kV iznosi čak 3,36 i ako je ukupan broj "toplih mesta" 121 relativno mali u odnosu na 713 "toplih mesta" na svim naponskim nivoima, samo je 36 ispitanih polja na 400 kV u odnosu na 986 ispitanih polja na svim naponskim nivoima. Najverovatnije da je razlog visokog učešća nemogućnost pravovremene intervencije, odnosno isključenja na naponskom nivou 400 kV. Ovaj zaključak važi generalno za sve godine ispitivanja.

Dalja analiza raspodele neispravnosti odnosi se na uzročnike neispravnosti - Tabele 5 i 6, gde su neispravnosti razvrstane po aparatima u postrojenju [3].

Tabela 5. Zbirni prikaz raspodele "toplih mesta" po aparatima i godini ispitivanja u objektima TS-a i RP-a

Godina	Prekidač	Rastavljač	Strujni transformator	Energetski transformator	Ostalo*
1996	96	364	126	19	133
1997	170	503	211	29	101
1998	127	505	197	31	90
1999	111	415	113	20	110
2000	76	227	84	9	54
2001	79	383	117	19	14
2002	122	443	183	14	126
2003	105	339	196	16	120
2004	155	454	216	21	143
2005	115	450	200	24	145

Tabela 6. Zbirni prikaz raspodele "toplih mesta" po aparatima i godini ispitivanja u objektima HE i TE

Godina	Prekidač	Rastavljač	Strujni transformator	Energetski transformator	Ostalo*
1996	0	17	3	1	3
1997	2	37	15	0	8
1998	1	28	5	0	5
1999	16	40	13	2	5
2000	0	8	3	0	0
2001	2	24	1	0	0
2002	2	32	10	1	12
2003	0	38	7	3	5
2004	16	39	11	7	5
2005	0	5	2	1	3

Uočava se da su ubedljivo najveći nosioci neispravnosti rastavljači kako u TS i RP tako i u HE i TE. Interesantno je dalje analizirati raspodelu "toplih mesta" na pripadajućim elementima aparata (priključak kao spoljašnji elemenat i unutrašnje neispravnosti) u odnosu na ostale elemente u postrojenju [2,3].

Posmatrajući podatke o neispravnosti iz Tabela od 1 do 6 zapažamo se da se jedna godina znatno razlikuje u odnosu na ostale godine posmatranja. To je godina 1999. Povećane neispravnosti su rezultat poznatih događanja koja su se preslikala i na naš EES. Time se potvrđuje značaj stalnog održavanja postrojenja i da samo jedna godina propuštena u nezi postrojenja može mnogostruko povećati nivo neispravnosti.

U tabeli 7 i 8 data je procentualna raspodela "toplih mesta" na elementima aparata i ostalim stezaljkama u postrojenjima, koje ne pripadaju aparatima.

Tabela 7. Procentualna raspodela "toplih mesta" po aparatima, aparatnim stezaljkama i ostalim stezaljkama u objektima TS-a i RP-a

God.	Prekidač (neispravnost unutrašnje i priključak)		Rasta vljač	Merni strujni transformator (neispravnosti unutrašnje i priključak)		Apara- tne pri- ključne stezaljke	Ostale steza- ljke	Učešće svih sreza- ljki u ukupnom broju t.m.
	Unut	Prik		Unut	Prik			
1996	0,4	16,6	45,2	0,3	20,8	83,4	9,2	91,5
1997	0,5	15,8	43,7	0,4	19,8	85,2	8,4	93,7
1998	0,1	12,0	47,6	0,5	19,5	84,9	8,8	93,2
1999	0,2	12,3	47,2	0,4	17,2	76,7	7,7	88,6
2000	0,0	16,6	46,6	0,6	17,6	85,6	10,0	95,2
2001	0,1	10,7	50,6	0,8	15,7	76,8	10,9	88,0
2002	0,9	13,2	40,8	0,2	17,7	73,0	7,3	80,3
2003	0,7	9,9	27,8	1,4	15,6	52,9	6,4	77,3
2004	0,1	14,9	40,4	1,3	17,3	72,7	10,6	83,3
2005	0,1	12,2	38,1	0,1	21,4	70,2	8,9	79,2

Primećuje se u Tabelama 7 i 8 da su aparatne priključne stezaljke dominantne u odnosu na ukupan broj "toplih mesta". Ukoliko njima pridružimo i ostale stezaljke u postrojenjima tada je učešće svih stezaljki u ukupnom broju "toplih mesta" preko 80%.

Tabela 8. Procentualna raspodela "toplih mesta" po aparatima, aparatnim stezaljkama i ostalim stezaljkama u objektima HE i TE

God.	Prekidač (neispravnost unutrašnje i priključak)		Rasta vljač	Merni strujni transformator (neispravnosti unutrašnje i priključak)		Apara- tne pri- ključne stezaljke	Ostale steza- ljke	Učešće svih steza- u kupnom broju t.m.
	Unut	Prik		Unut	Prik			
1996	0,0	0	0,8	0,0	12,5	20,8	12,5	33,3
1997	0,0	3,2	38,1	0,0	23,8	68,2	9,5	77,8
1998	0,0	2,4	9,8	0,0	10,1	24,4	12,2	36,6
1999	0,0	21,1	40,8	0,0	17,1	82,9	5,2	88,2
2000	0,0	0,0	18,0	0,0	27,3	45,5	0,0	45,5
2001	0,0	7,4	11,1	0,0	3,7	22,2	0,0	22,2
2002	0,0	3,4	8,4	0,0	16,9	30,5	6,8	37,3
2003	0,0	0,0	9,4	0,0	7,5	22,6	7,5	30,2
2004	0,0	20,5	24,4	0,0	12,8	61,2	3,8	65,4
2005	0,0	0,0	18,2	9,0	9,0	36,6	18,2	54,5

Izvršena je i analiza raspodele neispravnosti po pojedinim poljima, odnosno u kojim se poljima neispravnosti u najvećoj meri koncentrišu (učestalost sa više "toplih mesta" po polju - Tabela 9 i 10 [3].

Tabela 9. Učestanost polja sa 1, 2, ..., 10 i više "toplih mesta" po polju i godini ispitivanja u objektima TS-a i RP-a

God.	Broj 'toplih mesta' po polju											Ukupno ispitanih polja
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	≥ 10	
1996.	727	108	63	28	16	11	13	4	3	4	9	986
1997.	747	133	65	32	9	10	13	6	2	2	5	1024
1998.	626	127	63	40	19	10	22	13	7	8	10	945
1999.	392	113	58	38	23	14	10	12	3	3	10	676
2000.	356	91	40	27	13	7	5	3	5	2	1	550
2001.	682	141	60	38	13	10	4	6	5	1	8	968
2002.	717	170	84	44	26	18	6	12	2	5	7	1091
2003.	743	147	46	38	23	11	6	5	2	2	4	1027
2004.	739	174	70	40	21	19	13	6	7	4	13	1106
2005.	753	184	77	39	24	14	9	8	5	5	7	1130

Tabela 10. Učestanost polja sa 1, 2...,10 i više "toplih mesta" po polju i godini ispitivanja u objektima HE i TE

God.	Broj 'toplih mesta" po polju											Ukupno ispitanih polja
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	≥ 10	
1996.	32	4		2				1	1			40
1997.	32	3	2	1	4	3	2				1	46
1998.	28	14	5		1		1	1				25
1999.	30	6	6				1		1		2	49
2000.	28	4	2	1								35
2001.	53	9	1	1			1	1				66
2002.	47	14	5		1		2		1	1		71
2003.	38	7	3	3	2	2	2					57
2004.	51	15	6	4	1	1	1	2			1	82
2005.	28	6	1	1								36

Prvi zaključak je da se u preko 60% polja ne nalazi nijedna neispravnost. Zatim iz navedenih tabela 9 i 10 može se zapaziti da ima dosta polja sa velikim brojem neispravnosti po polju (odnosno sa 3, 4, 5, 6 pa čak i preko 10 "toplih mesta" u jednom polju). Takva polja treba sistematizovati i izvršiti dalju analizu uzroka neispravnosti (da li su to polja sa velikim opterećenjima, neizvršenim ili neadekvatnim revizijama, nekvalitetnom opremom i sl.).

Detaljna analiza uzročnika neispravnosti ne može se valjano izvršiti koristeći se samo rezultatima izvršenih termografskih kontrola već je potrebno uzeti u obzir i uzročnike neispravnosti.

Znači, termografska ispitivanja se ne završavaju time što se obave kontrole u postrojenju, sačini zvaničan izveštaj sa neispravnostima i zapažanjima, već je neophodno da se zaokruže godišnjim izveštajima sa analizom uzroka nastajanja neispravnosti po pojedinim elementima. Analiza treba da obuhvati: razmatranje uzroka nastajanja "toplih mesta", procenu kvaliteta obavljenih intervencija, sagledavanje kvaliteta ugrađene opreme ili materijala, kao i ostala zapažanja do kojih se došlo u toku eksploatacije (uspostavljanje tzv. povratnih veza).

Takvom analizom detektuju i sužavaju se mogući uzročnici neispravnosti. Prvi korak je pronalaženje "toplih mesta" koja se ponavljaju iz godine u godinu Tabela 11 [3]. Tada se mogu preciznije utvrditi uzročnici neispravnosti i suzbiti problemi radi snižavanja broja "toplih mesta".

Tabela 11. Raspodela ponovljenih "toplih mesta" po aparatima, naponskom nivou i godini ispitivanja u objektima

APARAT	2001.				2002.			
	400	220	110	35	400	220	110	35
Prekidač	2	5	2	1	2	10	3	1
Rastavljač	5	8	40	3	8	16	39	8
Strujni transformator	2	1	9			6	4	12
Energetski transformator		3					1	2
Ostalo	1	5	3	8			2	12
Ukupno	10	22	54	12	10	32	49	35

Iz Tabele 11 se zapaža se da su ponovljene neispravnosti dominantne na nivoima 220 kV i 110 kV što ukazuje da je verovatno daleko veća pažnja posvećena intervencijama u 400 kV-nom sistemu, a da je 35 kV-ni sistem daleko pristupačniji za vršenje pravovremenih intervencija.

Tabela 12 daje pregled obrađenih informacija odnosno povratnih veza po naponskom nivou i kategorijama pregrevanja [3].

Tabela 12. Pregled obrađenih povratnih informacija po naponskim nivoima, kategorijama pregrevanja i godini ispitivanja

Godina	Topla mesta po naponskom nivou				Topla mesta prema kategorijama pregrevanja		
	380	220	110	35	<10°C	10-30°C	>30°C
1998.	57	173	499	75	183	499	129
2001.	51	131	339	75	100	373	129

Urgentnost intervencija je pre svega u kategoriji pregrevanja sa preko 30°C (pokriveno je 88% neispravnih mesta), a broj intervencija opada sa nižim nivoima pregrevanja.

Dalja analiza ide ka izvršenim intervencijama, odnosno na konkretizaciji tačnih lokacija najvećih nosioca neispravnosti - Tabela 13.

U tabeli 13 je dat pregled broja izvršenih intervencija na stezaljkama u postrojenju koja su razvrstana prema nameni i vrsti stezaljki. Zatim sledi analiza navedenih stezaljki prema materijalima i to kako o materijalima od kojih su sastavljene stezaljke tako i o materijalima od kojih su sačinjeni priključci na koje se one ugrađuju.

Tabela 13. Prikaz na intervenisanim stezaljkama prema nameni i vrsti stezaljki za dve godine

Godina	NAMENA STEZALJKI			VRSTA STEZALJKI	
	Priključne	Nastavne	Zatezne	Na zavrtanj	Kompresione
1998.	721	21	19	660	80
2001.	502	68		491	27

Interesantan je podatak koja su zapažanja u toku samih intervencija na registrovanim neispravnostima. Podatak je svakako koristan remontnim ekipama jer ukazuje na mesta na kojima se mora posvetiti veća pažnja, naročito ako se radi o ponavljanju neispravnosti iz godine u godinu. Podaci su, takođe, dragoceni i za konstruktore i proizvođače opreme koji eliminisanjem eventualnih konstruktorskih i tehnoloških uzroka neispravnosti doprinose povećanju kvaliteta opreme.

U Tabeli 14 složeni su podaci prema nameni stezaljki, provodnika i ugrađenim materijalima.

Tabela 14. Prikaz materijala stezaljki, priključaka aparata, provodnika i prelaznih stezaljki na registrovanim neispravnostima u 2001. godini

Materijal	Vrsta stezaljki		Priključci aparata	Provodnici	Prelazne stezaljke
	Kompresione	Na zavrtanj			
Čelik			55		
Temper liv			1		
Al	1	116	11		13
Al legure	24	251	9	5	7
Zn legure		7	18		
Bronza		43	194		13
Al Mg Si				1	
Al Če				51	
Cu		3	104		2
Al-Cu kompres.spoj					
Preko Cupal Pločice					3
Ostalo		21	9		
Ukupno	25	441	301	57	38

Učešće Al stezaljki u kombinacijama sa drugim materijalima i kombinacijama priključaka je značajno. To svakako govori da se mora posvetiti veća pažnja u toku izrade, montaže i održavanja ovih vrsta spojnih elemenata.

Stvaranje potpunije slike o održavanju elemenata opreme u postrojenjima na osnovu rezultata termografskih kontrola se ostvaruje i sistematizacijom podataka o detaljima izvršenih intervencija i zapažanjima stručnih službi u toku remonta.

U Tabeli 15 razvrstani su uzroci neispravnosti koji su detektovani u toku remonta na toplim mestima.

Tabela 15. Pregled uzroka neispravnosti na "toplim mestima" u 2001 godini

Vrsta neispravnosti i zapažanja	Lokacija neispravnosti		
	Stezaljka		Unutrašnji
	Veza na zavrtanj	Kompresioni spoj	
Nema vidljivih tragova	184	4	2
Nedovoljno pritegnuto	162	5	2
Slabo ostvaren kontakt		1	3
Nečistoće na spoju	137	15	
Oštećene površine	5		
Tragovi zavarivanja	9	1	1
Neadekvatni materijal	7		
Neadekvatni elemenat			
Neadekvatna montaža			

Podaci o nedovoljno pritegnutim spojevima i detektovanim nečistoćama (oksidnim površinama i sl.) na spojevima kao o dominantnim uzrocima nastajanja "toplih mesta" ukazuju na kvalitet radova remontnih ekipa i naročito na odabir kombinacija spojnih elemenata.

3 ZAKLJUČAK

Na bazi sprovedene analize rezultata termografskih kontrola u postrojenjima EPS-a u periodu 1996-2005.godine naznačeni su najčešći nosioci neispravnosti, ne samo po lokacijama već i po vrsti ugrađenog materijala.

Dobijeni podaci su od velikog značaja za korisnike opreme i proizvođače, koji tada imaju pravu informaciju o stanju i ponašanju opreme u toku eksploatacije. Na osnovu raspodele neispravnosti po elementima, tipu aparata i ugrađenim materijalima korisnik donosi odluku u vezi daljeg praćenja stanja, zamene aparata, dodatnih ispitivanja itd. Svakako da je najznačajnija pravovremena odluka o isključenju aparata radi intervencije, kako bi se preduhitrile neželjene posledice (pregorevanje, havarijsko stanje), bilo da se radi o planskom bilo o hitnom isključenju.

LITERATURA

- [1] Senčanić M., Mihailović M., Gavrić M., Hrvić D. i drugi: "Istraživanje mogućnosti proširenja i usavršavanja primene termovizije u elektroprivredi", Studija urađena za EP Beograd, 1986, Institut "Nikola Tesla", Beograd 1985, strana 195
- [2] Senčanić M., Mihailović M.: "Sistematska obrada rezultata termovizijskih ispitivanja u razvodnim postrojenjima", XVIII Savetovanje CIGRE, Budva 1987.
- [3] Senčanić M., Čičkarić Lj., Simić N.: "Godišnji izveštaj rezultata termovizijskih ispitivanja u postrojenjima elektroistoka", višegodišnji obrađeni podaci termografskih kontrola u objektima Elektroistoka izv. br. 3396001 do 3305001

Abstract: The paper presents summary results of systematic thermography inspections conducted in EPS power system installations for voltage levels ranging from 35 kV to 400 kV in the last ten years, The presented data are given in chronological order and they are result of long term research that is important not only for the equipment users but also for the equipment manufacturers.

Keywords: *Thermography/thermovision/hot spot/overheating/thermogram*

THERMOGRAPHY RESEARCH IN EPS POWER SYSTEM INSTALLATIONS

Miomir Senčanić, Ljubiša Čičkarić, Ninoslav Simić